




**Multilayer piezoelectric device and piezoelectric actuator formed using the same**

**Patent number:** DE10231929  
**Publication date:** 2003-03-13  
**Inventor:** NAKATANI HIROSHI (JP)  
**Applicant:** MURATA MANUFACTURING CO (JP)  
**Classification:**  
- **International:** H01L41/083; H01L41/047; H01L41/083; H01L41/00;  
(IPC1-7): H01L41/09; B41J2/045  
- **European:** H01L41/083  
**Application number:** DE20021031929 20020715  
**Priority number(s):** JP20010224510 20010725

**Also published as:**

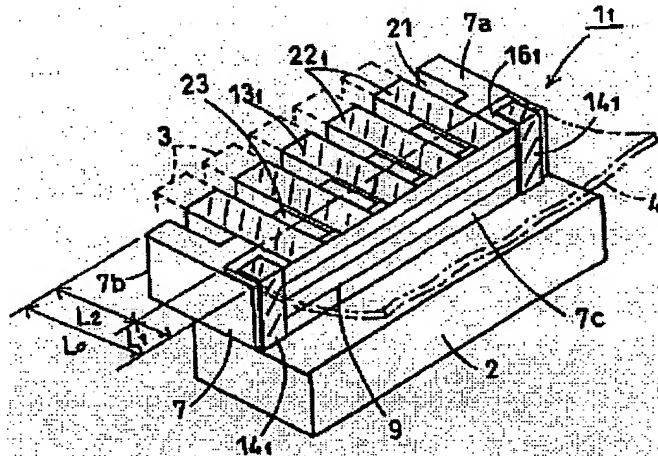
 US6747398 (B2)  
 US2003020371 (A1)  
 JP2003037306 (A)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE10231929

Abstract of corresponding document: **US2003020371**

A multilayer piezoelectric device includes long internal electrodes and short internal electrodes which are arranged so as to extend from a pair of opposing side surfaces of a piezoelectric substrate towards the corresponding side surfaces opposite to the side surfaces from which they extend, and so as to be alternately stacked in the piezoelectric substrate. Active portions are located at portions where the long internal electrodes and the corresponding short internal electrodes are stacked. Further, a first external electrode, connected to the short internal electrodes, is electrically connected to the side surface near the active portions, and a second external electrode, connected to the long internal electrodes, is electrically connected to the side surface distant from the active portions. The first external electrode extends from the side surface of the piezoelectric substrate near the active portions, onto a main surface, and to a location adjacent to the side surface distant from the active portions, while the second external electrode extends onto the main surface so as to be disposed on left and right sides of locations at the first external electrode that are adjacent to the side surface of the piezoelectric substrate distant from the active portions.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2003 P 08802



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 31 929 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 41/09**  
B 41 J 2/045

B3

②1 Aktenzeichen: 102 31 929.4  
②2 Anmeldetag: 15. 7. 2002  
④3 Offenlegungstag: 13. 3. 2003

DE 102 31 929 A 1

③0 Unionspriorität:  
2001-224510 25. 07. 2001 JP

⑦1 Anmelder:  
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

⑦4 Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479  
München

⑦2 Erfinder:  
Nakatani, Hiroshi, Nagaokakyo, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung und piezoelektrisches Betätigungsglied, das unter Verwendung derselben gebildet ist

⑤7 Eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung umfaßt lange Innenelektroden und kurze Innenelektroden, die angeordnet sind, um sich von einem Paar von gegenüberliegenden Seitenoberflächen eines piezoelektrischen Substrats hin zu den entsprechenden Seitenoberflächen zu erstrecken, die denjenigen Seitenoberflächen, von denen sie sich erstrecken, gegenüberliegen, und um in dem piezoelektrischen Substrat abwechselnd gestapelt zu sein. Aktive Abschnitte sind bei Abschnitten angeordnet, bei denen die langen Innenelektroden und die entsprechenden kurzen Innenelektroden gestapelt sind. Ferner ist eine erste Außenelektrode, die mit den kurzen Innenelektroden verbunden ist, mit der Seitenoberfläche, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, elektrisch verbunden, und eine zweite Außenelektrode, die mit den langen Innenelektroden verbunden ist, ist mit der von den aktiven Abschnitten entfernten Seitenoberfläche elektrisch verbunden. Die erste Außenelektrode erstreckt sich von der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, auf eine Hauptoberfläche und zu einer Stelle, die zu der Seitenoberfläche, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart ist, während sich die zweite Außenelektrode auf die Hauptoberfläche erstreckt, um auf einer linken und rechten Seite von Stellen an der ersten Außenelektrode angeordnet zu sein, die zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven ...

DE 102 31 929 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung und ein piezoelektrisches Betätigungsglied, das eine derartige piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung umfaßt.

[0002] Allgemein wird bei einem Druckkopf eines Tintenstrahldruckers oft ein piezoelektrisches Betätigungsglied verwendet, das einen piezoelektrischen Effekt nutzt. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, weist ein piezoelektrisches Betätigungsglied 10 eine piezoelektrische Eigenschaft auf, die bewirkt, daß es in einer sogenannten d31-Richtung, das heißt in einer Richtung, die zu der Dickenrichtung einer piezoelektrischen Vorrichtung senkrecht ist, verschoben wird. Ein Abschnitt der unteren Oberfläche des piezoelektrischen Betätigungsglieds 10 wird an ein Fixierungssubstrat 2 angeklebt, und eine Druckerzeugungskammer 3 wird in Kontakt mit dem Endabschnitt des piezoelektrischen Betätigungsglieds 10, der nicht an dem Fixierungssubstrat 2 angeklebt ist, angeordnet. Ein Ende einer flexiblen gedruckten Signaleingabeschaltungsplatte (hiernach als "FPC" bezeichnet) 4 ist mit der oberen Oberfläche des piezoelektrischen Betätigungsglieds 10 verbunden. Wenn ein Signal von der FPC 4 eingegeben wird, wird dementsprechend das piezoelektrische Betätigungsglied 10 in einer Richtung verschoben, die zu der Dickenrichtung desselben senkrecht ist, was bewirkt, daß ein Druck auf Tinte in der Druckerzeugungskammer 3 ausgeübt wird, so daß die Tinte außerhalb der Druckerzeugungskammer 3 abgegeben wird.

[0003] Die in Fig. 9 und 10 gezeigte Struktur ist als eine Struktur einer piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 60 bekannt, die in einem piezoelektrischen Betätigungsglied 10 enthalten ist. (Siehe beispielsweise die ungeprüfte japanische Patentanmeldung Nr. 11-10875.)

[0004] Genauer gesagt umfaßt die bekannte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 60 ein rechtwinkliges piezoelektrisches Substrat 7. Kurze Innenelektroden 8 und lange Innenelektroden 9, die unterschiedliche Längen aufweisen, sind so angeordnet, daß sich die kurzen Innenelektroden 8 von einer Seitenoberfläche 7b hin zu einer gegenüberliegenden Seitenoberfläche 7c erstrecken, und daß sich die langen Innenelektroden von der Seitenoberfläche 7c zu der gegenüberliegenden Seitenoberfläche 7b erstrecken. Ferner sind die kurzen Innenelektroden 8 und die langen Innenelektroden 9 abwechselnd in dem piezoelektrischen Substrat 7 gestapelt. Die Seitenoberflächen 7b und 7c liegen einander in der Richtung einer kurzen Seite des piezoelektrischen Substrats 7 gegenüber. Mit anderen Worten weisen die Elektroden 8 und 9 in der Richtung einer langen Seite (Längsseite) des piezoelektrischen Substrats 7 Längen auf, die im wesentlichen gleich der Gesamtbreite des piezoelektrischen Substrats 7 sind. Andererseits sind die kurzen Innenelektroden 8 in der Richtung einer kurzen Seite des piezoelektrischen Substrats 7 kürzer als die langen Innenelektroden 9. Aktive Abschnitte 10, die in einer zu der Laminierungsrichtung senkrechten Richtung verschoben sind, sind an den Abschnitten angeordnet, bei denen sich die Elektroden 8 und die entsprechenden Elektroden 9 überlappen. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, sind die aktiven Abschnitte 10 deshalb zu der linksseitigen Oberfläche 7b der beiden Seitenoberflächen 7b und 7c, die einander in der Richtung einer kurzen Seite des piezoelektrischen Substrats 7 gegenüberliegen, benachbart und weisen Formen auf, die in der horizontalen Richtung asymmetrisch sind.

[0005] Jede der kurzen Innenelektroden 8 befindet sich in einem ausgefahrenen Zustand an der Seitenoberfläche 7b des piezoelektrischen Substrats 7, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, und jede der langen Innen-

elektroden 9 befindet sich in einem ausgefahrenen Zustand an der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist. Eine erste Außenelektrode 13<sub>0</sub> bzw. eine zweite Außenelektrode 14<sub>0</sub> sind mit den ausgefahrenen kurzen Innenelektroden 8 bzw. den ausgefahrenen langen Innenelektroden 9 elektrisch verbunden.

[0006] Die erste Außenelektrode 13<sub>0</sub> erstreckt sich von der Seitenoberfläche 7b des piezoelektrischen Substrats 7, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, hin zu der Seitenoberfläche 7c und entfernt von den aktiven Abschnitten 10, indem sie sich auf eine Hauptoberfläche 7a erstreckt und endet, bevor sie die Seitenoberfläche 7c erreicht. Andererseits erstreckt sich die zweite Außenelektrode 14<sub>0</sub> von der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7 und entfernt von den aktiven Abschnitten 10 hin zu einer Stelle, die einem Endabschnitt der ersten Außenelektrode 13<sub>0</sub> mit einem vorbestimmten Abstand d von demselben gegenüberliegt, indem sie sich auf die Hauptoberfläche 7a erstreckt. Der gewisse Abstand d zwischen der ersten und der zweiten Außenelektrode 13<sub>0</sub> und 14<sub>0</sub> ist vorgesehen, weil es notwendig ist, sie elektrisch zu isolieren.

[0007] Wie später beschrieben wird, müssen beim Bilden des piezoelektrischen Betätigungsglieds 10 unter Verwendung der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 60 elektrische Leiter auf der FPC 4 mit der ersten und der zweiten Außenelektrode 13<sub>0</sub> und 14<sub>0</sub> elektrisch verbunden sein. Deshalb ist ein Bereich, der sich eine vorbestimmte Entfernung L<sub>4</sub> von der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7 und entfernt von den aktiven Abschnitten 10 erstreckt, als ein vorbestimmter Lötabschnitt 16<sub>0</sub> bereitgestellt, der zum Löten benötigt wird.

[0008] Eine derartige piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 60 und das piezoelektrische Betätigungsglied 10, das die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 60 umfaßt, werden beispielsweise auf folgende Weise gebildet.

[0009] Um die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 60 zu bilden, sind drei Typen von Grünschnitten 31, 32 und 33 vorgesehen, wie in Fig. 11 gezeigt ist. Mit anderen Worten sind die Grünschnitten 31 vorgesehen, die auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen 41 aufweisen, welche die kurzen Innenelektroden 8 definieren. Die Grünschnitten 32, die auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen 42 aufweisen, welche die langen Innenelektroden 9 definieren, und die Grünschnitten 33, die keine auf denselben gebildete elektrisch leitfähige Strukturen aufweisen, sind ebenfalls vorgesehen. Diese Grünschnitten 31, 32 und 33 werden erzeugt, indem piezoelektrische Materialien, beispielsweise PZT-Materialien, zu in der Draufsicht rechtwinkligen Formen gebildet werden. Die elektrisch leitfähigen Strukturen 41 und 42 werden durch ein Siebdrucken einer elektrisch leitfähigen Paste, deren Hauptkomponente beispielsweise Silber (Ag) ist, gebildet.

[0010] Nachdem eine vorbestimmte Anzahl sowohl der Grünschnitten 31 als auch der Grünschnitten 32, die die entsprechenden auf denselben gebildeten elektrisch leitfähigen Strukturen 41 und 42 aufweisen, abwechselnd und nacheinander aufeinander plazierte wurden, werden die Grünschnitten 33 auf dem obersten und dem untersten Abschnitt des sich ergebenden geschichteten Aufbaus angeordnet. Daraufhin werden alle diese Schichten 31, 32 und 33 entlang der Laminierungsrichtung durch Pressen miteinander verbunden und gebacken. Nach dem Backen werden die erste und die zweite Außenelektrode 13<sub>0</sub> und 14<sub>0</sub> durch Verdampfung gebildet. Durch ein Polarisieren des piezoelektrischen Substrats 7 wird daraufhin die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 60 erzeugt, die die aktiven Abschnitte 10 an den Abschnitten, wo die kurzen Innenelektroden 8

und die entsprechenden langen Innenelektroden 9 gestapelt sind, umfaßt.

[0011] Unter Verwendung der auf die oben beschriebene Weise gebildeten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> wird als nächstes das piezoelektrische Betätigungsglied 1<sub>0</sub> gebildet, wie in Fig. 12 gezeigt ist. Als erstes wird die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> mit einem Haftmittel an das Fixierungssubstrat 2 angeklebt, so daß ihre aktiven Abschnitte 10 das Fixierungssubstrat 2 nicht überlappen.

[0012] Unter Verwendung einer Vereinzelungssäge werden Schnitte vorbestimmter Größen bei vorbestimmten Abständen entlang der Längsrichtung der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> von der Seitenoberfläche 7b hin zu der Seitenoberfläche 7c gebildet, um Schlitz 21 zu bilden. Folglich werden zwischen den Schlitz 21 bewegliche Abschnitte 22<sub>0</sub> gebildet, die separat angesteuert werden können. Ferner werden anschließend an die entsprechenden Schlitz 21 Schnitte in der ersten Außenelektrode 13<sub>0</sub> gebildet, um flache Rillen 23 zu bilden, so daß die erste Außenelektrode 13<sub>0</sub> von jedem beweglichen Abschnitt 22<sub>0</sub> elektrisch isoliert ist.

[0013] Als nächstes wird die FPC 4 auf den vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>0</sub> aufgelötet, so daß die elektrischen Leiter auf der FPC 4 mit jedem der Abschnitte der geteilten ersten Außenelektrode 13<sub>0</sub> und mit der zweiten Außenelektrode 14<sub>0</sub> elektrisch verbunden sind. Beispielsweise sind signaleingangsseitige elektrische Leiter auf der FPC 4 mit den entsprechenden Abschnitten der geteilten ersten Außenelektrode 13<sub>0</sub> verbunden, und ein massenseitiger elektrischer Leiter ist mit der zweiten Außenelektrode 14<sub>0</sub> verbunden. Die Druckerzeugungskammern 3 sind separat an den entsprechenden beweglichen Abschnitten 22<sub>0</sub> des piezoelektrischen Betätigungsglieds 1<sub>0</sub> angeordnet. Durch ein getrenntes Eingeben von Signalen in jeden der Abschnitte der geteilten ersten Außenelektrode 13<sub>0</sub> werden dementsprechend die beweglichen Abschnitte 22<sub>0</sub> separat angesteuert, so daß eine Tinte von jeder der Druckerzeugungskammern 3 separat abgegeben wird.

[0014] Wie oben erwähnt wurde, ist es bei der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub>, die in dem piezoelektrischen Betätigungsglied 1<sub>0</sub> enthalten ist, notwendig, die FPC 4 mit beiden Elektroden 13<sub>0</sub> und 14<sub>0</sub> elektrisch zu verbinden, während sich die Endabschnitte der ersten und der zweiten Außenelektrode 13<sub>0</sub> und 14<sub>0</sub> an der Hauptoberfläche 7a bei der vorbestimmten Entfernung d zueinander gegenüberliegen. Bei der bekannten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> ist deshalb eine relativ große Länge L<sub>4</sub>, die sich von der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7 und entfernt von den aktiven Abschnitten 10 erstreckt, als der vorbestimmte Lötabschnitt 16<sub>0</sub> erforderlich. Folglich ist der vorbestimmte Lötabschnitt 16<sub>0</sub> in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 angeordnet.

[0015] Beim Herstellen des piezoelektrischen Betätigungsglieds 1<sub>0</sub> befindet sich die FPC-Lötstelle in der Nähe der aktiven Abschnitte 10, wenn die FPC 4 auf den vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>0</sub> aufgelötet wird, so daß nicht nur eine gleichmäßige Expansion und Kontraktion jedes der beweglichen Abschnitte 22<sub>0</sub> verhindert wird, sondern sich auch die folgenden Probleme aufgrund einer Übertragung von Schwingungen, die durch die Verschiebung der beweglichen Abschnitte 22<sub>0</sub> zu anderen Abschnitten durch die FPC 4 entstehen, ergeben.

[0016] Wenn, im einzelnen, ein Signal V<sub>p</sub>, das eine angelegte Spannungswellenform, wie beispielsweise diejenige, die durch eine Wellenform a dargestellt wird, über einen Zeitraum t<sub>1</sub> bis t<sub>2</sub> in einen vorbestimmten beweglichen Abschnitt 22<sub>0</sub> eingegeben wird, wird die Schwingung innerhalb

eines kurzen Zeitraums gedämpft, wie durch Wellenform b gezeigt ist, falls die FPC-4-Lötstelle ausreichend von dem aktiven Abschnitt 10 getrennt ist. Im Gegensatz dazu wird die Schwingungsdämpfungszeit länger, wie durch Wellenform c gezeigt ist, wenn sich die FPC-Lötstelle nahe bei dem aktiven Abschnitt 10 befindet. Infolgedessen wird eine Tintenabgabe unstabil, wodurch eine verringerte Bildqualität bewirkt wird.

[0017] Wenn sich die Lötstelle nahe bei dem aktiven Abschnitt 10 befindet, verliert der aktive Abschnitt 10 zudem seine Polarisierungseigenschaft, da er durch eine während des Lötens erzeugte Wärme beeinträchtigt wird, wodurch beispielsweise das Problem verursacht wird, daß der aktive Abschnitt 10 unfähig wird, auf piezoelektrische Weise zu arbeiten.

[0018] Um diese Probleme zu lösen, kann der vorbestimmte Lötabschnitt 16<sub>0</sub> weiter von den Positionen der aktiven Abschnitte 10 wegbewegt werden, indem beispielsweise eine Entfernung L<sub>5</sub> von der Seitenoberfläche 7b des piezoelektrischen Substrats 7, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, zu dem vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>0</sub> in der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> groß gestaltet wird. Wenn dies geschieht, wird jedoch eine Gesamtlänge L<sub>3</sub> des piezoelektrischen Substrats 7 in der Richtung einer kurzen Seite desselben groß, so daß es nicht nur unmöglich ist, die Größe der gesamten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> zu verringern, sondern so daß beispielsweise auch die Kosten der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>0</sub> steigen. Somit ist es nicht ratsam, die Gesamtlänge L<sub>3</sub> groß zu gestalten.

[0019] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung und ein piezoelektrisches Betätigungsglied mit reduzierter Größe zu schaffen.

[0020] Diese Aufgabe wird durch eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein piezoelektrisches Betätigungsglied gemäß Anspruch 6 gelöst.

[0021] Um die oben beschriebenen Probleme zu überwinden, schaffen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung, deren Größe stark verringert ist und die infolge dessen, daß es ermöglicht wird, beim der Herstellung eines piezoelektrischen Betätigungsglieds eine ausreichende Entfernung zwischen einem aktiven Abschnitt und einer Lötstelle bereitzustellen, eine ausgezeichnete piezoelektrische Eigenschaft aufweist. Ferner schaffen andere bevorzugte Ausführungsbeispiele ein piezoelektrisches Betätigungsglied, das eine solche neuartige piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung enthält.

[0022] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfaßt eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung ein im wesentlichen rechtwinkliges piezoelektrisches Substrat, lange Innenelektroden und kurze Innenelektroden. Die langen Innenelektroden und die kurzen Innenelektroden weisen unterschiedliche Längen auf und sind so angeordnet, daß sich die langen Innenelektroden und die kurzen Innenelektroden von einem Paar von sich gegenüberliegenden Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats hin zu den entsprechenden Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats erstrecken, die denjenigen Seitenflächen gegenüberliegen, von denen sich die langen Innenelektroden und die kurzen Innenelektroden erstrecken. Ferner sind die langen Innenelektroden und die kurzen Innenelektroden derart angeordnet, daß die kurzen Innenelektroden und die langen Innenelektroden in dem piezoelektrischen Substrat abwechselnd gestapelt sind. Ferner umfaßt die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung aktive Abschnitte, die an Abschnitten angeordnet sind, bei denen die

langen Innenelektroden und die entsprechenden kurzen Innenelektroden gestapelt sind, und die in einer Richtung verschoben sind, die zu einer Richtung, in der die langen Innenelektroden und die entsprechenden kurzen Innenelektroden gestapelt sind, im wesentlichen senkrecht ist, eine erste Außenelektrode, die mit den kurzen Innenelektroden an der ausgefahrenen Seitenoberfläche elektrisch verbunden ist und eine zweite Außenelektrode, die mit den langen Innenelektroden an der ausgefahrenen Seitenoberfläche elektrisch verbunden ist. Die erste Außenelektrode und die zweite Außenelektrode sind separat auf einer Oberfläche des piezoelektrischen Substrats gebildet. Ferner erstreckt sich die erste Außenelektrode von der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, auf eine Hauptoberfläche und erstreckt sich bis zu einer Stelle, die zu der Seitenoberfläche, die von den aktiven Abschnitten, bei denen die langen Innenelektroden ausgefahren sind, entfernt ist, benachbart ist. Die zweite Außenelektrode erstreckt sich auf die Hauptoberfläche, um links und rechts von Stellen an der ersten Außenelektrode angeordnet zu sein, die zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart sind.

**[0023]** Die zweite Außenelektrode kann angeordnet sein, um sich von der von den aktiven Abschnitten entfernten Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats auf die Hauptoberfläche zu erstrecken. Alternativ kann die zweite Außenelektrode angeordnet sein, um sich von einer Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, im wesentlichen senkrecht ist, auf die Hauptoberfläche zu erstrecken.

**[0024]** Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung der vorliegenden Erfindung im Gegensatz zu einer bekannten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung, bei der die Endoberflächen der ersten und der zweiten Außenelektrode einander zugewandt sind und einander gegenüberliegen, so aufgebaut, daß die zweite Außenelektrode sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite von Stellen bei der ersten Außenelektrode angeordnet ist, die zu der von den aktiven Abschnitten entfernten Seitenoberfläche benachbart sind. Somit ist es möglich, jede der ersten und der zweiten Außenelektrode benachbart zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats und entfernt von den aktiven Abschnitten anzuordnen. Deshalb muß die Stelle, an der die FPC gelötet werden soll, nicht mehr sehr weit von der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, angeordnet sein, so daß die Stelle, an der die FPC gelötet werden soll, ausreichend von den Aktivabschnittbildungsstellen getrennt sein kann. Wenn die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit einer bekannten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung verglichen wird, kann folglich die Gesamtlänge des piezoelektrischen Substrats in der Richtung einer kurzen Seite desselben kürzer gestaltet werden. Zudem kann die gesamte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung viel kleiner gestaltet werden als eine bekannte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung.

**[0025]** Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein piezoelektrisches Betätigungsglied vorgesehen, bei dem durch ein Bilden von Schlitzen, die sich von der Seitenoberfläche, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, hin zu der derselben gegenüberliegenden Seitenoberfläche der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung eines der oben beschriebenen be-

vorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit einem vorbestimmten Abstand entlang einer Richtung erstrecken, die zu der Erstreckungsrichtung der Schlitze im wesentlichen senkrecht ist, separat ansteuerbare bewegliche Abschnitte zwischen den entsprechenden Schlitzen vorgesehen sind und ein elektrischer Leiter auf einer flexiblen gedruckten Schaltungsplatine mit der durch die Schlitze geteilten ersten Außenelektrode und der zweiten Außenelektrode verbunden ist.

**[0026]** Da die FPC-Lötstelle von den aktiven Abschnitten entfernt angeordnet ist, expandieren und kontrahieren die beweglichen Abschnitte bei dem piezoelektrischen Betätigungsglied gleichmäßig, und eine Übertragung von Schwingungen, die durch eine Verschiebung der beweglichen Abschnitte erzeugt werden, zu anderen Abschnitten durch die FPC wird zuverlässig verhindert. Daher wird eine Schwingung innerhalb eines kurzen Zeitraums gedämpft, so daß eine Tinte auf stabile Weise abgegeben wird, wodurch eine ausgezeichnete Bildqualität geliefert wird. Da der Lötabschnitt von den aktiven Abschnitten entfernt angeordnet ist, besteht ferner keine Möglichkeit, daß die Polarisierungseigenschaften der aktiven Abschnitte durch eine während eines Lötens erzeugte Wärme verschlechtert werden, so daß stabile piezoelektrische Eigenschaften geliefert werden.

**[0027]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0028]** Fig. 1 eine perspektivische Ansicht der gesamten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

**[0029]** Fig. 2 eine Schnittansicht, die entlang der Linie A-A der Fig. 1 genommen ist;

**[0030]** Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Betätigungsglieds, in dem die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung enthalten ist;

**[0031]** Fig. 4 eine perspektivische Ansicht der gesamten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

**[0032]** Fig. 5 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die einen Prozeß zum Herstellen der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

**[0033]** Fig. 6 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die einen weiteren Prozeß zum Herstellen einer piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

**[0034]** Fig. 7 eine vertikale Schnittansicht der durch den in Fig. 6 gezeigten Herstellungsprozeß gebildeten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung;

**[0035]** Fig. 8 eine Schnittansicht, die ein piezoelektrisches Betätigungsglied im Gebrauch zeigt;

**[0036]** Fig. 9 eine perspektivische Ansicht des gesamten bekannten piezoelektrischen Betätigungsglieds im Gebrauch;

**[0037]** Fig. 10 eine Schnittansicht, die entlang der Linie B-B der Fig. 8 genommen ist;

**[0038]** Fig. 11 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die einen Prozeß zum Herstellen der bekannten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung veranschaulicht;

**[0039]** Fig. 12 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Betätigungsglieds, in dem die bekannte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung enthalten ist.

**[0040]** Fig. 13 ein Zeitdiagramm, das Schwingungsdämp-

fungscharakteristika, wenn ein vorbestimmtes Ansteuersignal auf einen beweglichen Abschnitt des piezoelektrischen Betätigungsglieds angelegt wird, zeigt.

[0041] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht der gesamten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Fig. 2 ist eine Schnittansicht, die entlang der Linie A-A der Fig. 1 genommen ist. Elemente, die denen der in den Fig. 9 und 10 gezeigten bekannten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0042] Im einzelnen umfaßt eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>1</sub> gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel ein im wesentlichen rechtwinkliges piezoelektrisches Substrat 7. Kurze Innenelektroden 8 und lange Innenelektroden 9, die unterschiedliche Längen aufweisen, sind so angeordnet, daß sich die kurzen Innenelektroden 8 und die langen Innenelektroden 9 von einem Paar von gegenüberliegenden Seitenoberflächen 7b und 7c hin zu den Seitenoberflächen erstrecken, die den Seitenoberflächen, von denen sich die kurzen Innenelektroden 8 und die langen Innenelektroden 9 erstrecken, gegenüberliegen. Ferner sind die kurzen Innenelektroden 8 und die langen Innenelektroden 9 angeordnet, um in dem piezoelektrischen Substrat 7 abwechselnd gestapelt zu sein. Die Seitenoberflächen 7b und 7c liegen einander in der Richtung einer kurzen Seite des piezoelektrischen Substrats 7 gegenüber. Aktive Abschnitte 10, die in einer Richtung, die zu der Laminierungsrichtung im wesentlichen senkrecht ist, verschoben sind, sind an den Abschnitten angeordnet, an denen sich die Elektroden 8 und die entsprechenden Elektroden 9 überlappen. Diese strukturellen Merkmale sind dieselben wie diejenigen des in Fig. 9 und 10 gezeigten bekannten piezoelektrischen Betätigungsglieds 6<sub>0</sub>.

[0043] Ein Merkmal des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels besteht darin, daß eine erste Außenelektrode 13<sub>1</sub> mit den kurzen Innenelektroden 8, die zu der Seitenoberfläche 7b des piezoelektrischen Substrats 7, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, hin ausgefahren sind, elektrisch verbunden ist und daß ein Paar einer linken und einer rechten zweiten Außenelektrode 14<sub>1</sub> und 14<sub>1</sub> mit den langen Innenelektroden 9, die zu der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, hin ausgefahren sind, elektrisch verbunden sind. Die erste Außenelektrode 13<sub>1</sub> erstreckt sich von der Seitenoberfläche 7b des piezoelektrischen Substrats 7, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, hin zu einer Stelle, die zu der Seitenoberfläche 7c, welche von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, benachbart ist, indem sie sich auf eine Hauptoberfläche 7a erstreckt. Andererseits sind die zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> und 14<sub>1</sub> angeordnet, um sich von der Seitenoberfläche 7c auf die Hauptoberfläche 7a zu erstrecken, um auf der linken und der rechten Seite von Stellen an der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> angeordnet zu sein, die zu der Seitenoberfläche 7c, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, benachbart sind.

[0044] Da das Paar von zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> und 14<sub>1</sub> auf der linken und rechten Seite von Stellen an der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> angeordnet ist, die zu der Seitenoberfläche 7c, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, benachbart sind, ist es dementsprechend bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel möglich, die erste Außenelektrode 13<sub>1</sub> und die zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> und 14<sub>1</sub> benachbart zu der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, anzuordnen. Deshalb muß für einen vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>1</sub>, an den eine FPC 4 gelötet wird, wenn ein piezoelektrisches Betätigungsglied 1<sub>1</sub> hergestellt wird, ein Be-

reich gebildet werden, der sich lediglich eine geringe Entfernung L<sub>1</sub> von der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, so daß es im Gegensatz zu der Vorrichtung des Standes der Technik nicht notwendig ist, diesen Bereich so zu gestalten, daß er sich eine große Entfernung von der Seitenoberfläche 7c erstreckt. Mit anderen Worten ist vorzugsweise die Bedingung L<sub>1</sub> << L<sub>4</sub> erfüllt. Bei der Vorrichtung des Standes der Technik muß L<sub>4</sub> beispielsweise ca. 2,6 mm betragen, bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist L<sub>1</sub> jedoch ein ausreichender Wert, wenn es gleich etwa 1,0 mm ist. Deshalb kann die Länge des vorbestimmten Lötabschnitts 16<sub>1</sub> in der Richtung der kurzen Seite desselben beträchtlich kleiner ausgeführt sein. Auch wenn eine Gesamtlänge L<sub>0</sub> des piezoelektrischen Substrats 7 in der Richtung einer kurzen Seite geringer ist als die Gesamtlänge L<sub>3</sub> des piezoelektrischen Substrats 7 des Beispiels der bekannten Technik (L<sub>0</sub> < L<sub>3</sub>), ist es somit trotzdem möglich, den vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>1</sub> von Stellen der aktiven Abschnitte 10 ausreichend zu trennen. Folglich ist es möglich, die gesamte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung der vorliegenden Erfindung kleiner zu gestalten als die gesamte bekannte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung.

[0045] Die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>1</sub> wird vorzugsweise im Grunde durch dieselben Verfahren wie jene, die herkömmlicherweise durchgeführt werden, wie in Fig. 11 gezeigt ist, hergestellt. Unter Verwendung der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>1</sub> wird das piezoelektrische Betätigungsglied 1<sub>1</sub> vorzugsweise durch dieselben Verfahren wie diejenigen, die herkömmlicherweise durchgeführt werden, hergestellt.

[0046] Dementsprechend, wie in Fig. 3 gezeigt ist, wird das piezoelektrische Betätigungsglied 1<sub>1</sub> durch ein Bilden von Schnitten in den aktiven Abschnitten 10 entlang der Längsrichtung der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>1</sub> bei vorbestimmten Abständen von der Seitenoberfläche 7b, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte 10 befindet, hin zu der Seitenoberfläche 7c, die der Seitenoberfläche 7b gegenüberliegt, um sich erstreckende Schlitze 21 zu bilden, erzeugt. Zwischen den entsprechenden Schlitzen 21 sind bewegliche Abschnitte 22<sub>1</sub>, die separat angesteuert werden können, gebildet. Anschließend an die entsprechenden Schlitze 21 werden flache Rillen 23 gebildet. Elektrische Leiter auf der FPC 4 werden an den vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>1</sub> angelötet, um die elektrischen Leiter auf der FPC 4 mit Abschnitten der geteilten ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> und mit den zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> elektrisch zu verbinden. An den entsprechenden beweglichen Abschnitten 22<sub>1</sub> des piezoelektrischen Betätigungsglieds 1<sub>1</sub> sind Druckerzeugungskammern 3 separat angeordnet.

[0047] Bei dem piezoelektrischen Betätigungsglied 1<sub>1</sub>, das diesen Aufbau aufweist, befindet sich die FPC-Lötstelle in einem Bereich, der in einer geringen Entfernung L<sub>1</sub> von der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten 10 entfernt ist, und somit in einer ausreichenden Entfernung von den aktiven Abschnitten 10 plaziert ist. Somit expandieren und kontrahieren die beweglichen Abschnitte 22<sub>1</sub> gleichmäßig, und eine Übertragung einer Schwingung, die durch eine Verschiebung der beweglichen Abschnitte 22<sub>1</sub> hervorgerufen wird, auf andere Abschnitte durch die FPC 4 wird eingeschränkt. Daher wird eine Schwingung innerhalb eines kurzen Zeitraums gedämpft, so daß eine Tinte auf stabile Weise abgegeben wird, wodurch eine hervorragende Bildqualität geschaffen wird. Da der Lötabschnitt von den aktiven Abschnitten entfernt angeordnet ist, besteht ferner keine Möglichkeit, daß die Polarisierungseigenschaften der aktiven Abschnitte durch eine während eines Lötens erzeugte Wärme verschlechtert wer-



den, so daß stabile piezoelektrische Eigenschaften geliefert werden.

[0048] Obwohl die erste Außenelektrode 13<sub>1</sub> bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel von jedem beweglichen Abschnitt 22<sub>1</sub> elektrisch isoliert ist, indem die flachen Rillen 23 bezüglich der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> gebildet werden, ist es möglich, die erste Außenelektrode 13<sub>1</sub> zu einer Konfiguration zu bilden, die es ihr ermöglicht, mit einem vorbestimmten Abstand entlang der Längsrichtung des piezoelektrischen Substrats 7 elektrisch isoliert zu sein, indem bei der Bildung der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> zuvor eine Maskierung durchgeführt wird.

[0049] Bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel sind signaleingangsseitige elektrische Leiter auf der FPC 4 bzw. ein massenseitiger elektrischer Leiter mit der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> bzw. den zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> verbunden. Jedoch können der massenseitige elektrische Leiter auf der FPC 4 bzw. die signaleingangsseitigen elektrischen Leiter mit der ersten Außenelektrode 13<sub>1</sub> bzw. den zweiten Außenelektroden 14<sub>1</sub> verbunden sein, ohne funktionelle Probleme zu verursachen.

[0050] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht der gesamten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Fig. 5 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die ein Verfahren zum Erzeugen der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Elemente, die denen des in den Fig. 1 und 2 gezeigten ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels entsprechen, sind durch dieselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0051] Ein Merkmal einer piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels besteht darin, daß sich ein Paar von zweiten Außenelektroden 14<sub>2</sub> von entsprechenden kurzzeitigen Seitenoberflächen 7d und 7e, (die zu einer Seitenoberfläche 7c eines piezoelektrischen Substrats 7, die von aktiven Abschnitten entfernt ist, im wesentlichen senkrecht sind) auf eine Hauptoberfläche 7a erstreckt und daß die Abschnitte der zweiten Außenelektroden 14<sub>2</sub>, die sich auf die Hauptoberfläche 7a erstrecken, sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite von Stellen an einer ersten Außenelektrode 13<sub>2</sub> angeordnet sind, die zu der Seitenoberfläche 7c, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart sind.

[0052] Die anderen strukturellen Merkmale sind vorzugsweise dieselben wie die des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, weshalb sie im folgenden nicht ausführlich beschrieben werden.

[0053] Die piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels wird wie in Fig. 5 gezeigt erzeugt. Es werden drei Typen von Grünschnitten bereitgestellt, die Grünschnitten 36, welche auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen 46 aufweisen, die kurze Innenelektroden 8 definieren, Grünschnitten 37, die auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen 47 aufweisen, die lange Innenelektroden 9 definieren, und Grünschnitten 38, die keine auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen aufweisen, umfassen. Anschließend werden Verfahren durchgeführt, die im Grunde dieselben sind wie diejenigen, die bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendet werden. Die elektrisch leitfähigen Strukturen 47, die die langen Innenelektroden 9 werden, erreichen jedoch eine der langen Seiten der Grünschnitt 37, so daß sie mit den zweiten Außenelektroden 14<sub>2</sub> verbunden werden können. Ferner erstrecken sich Abschnitte der elektrisch leitfähigen Strukturen 47 entlang der kurzen Seiten der Grünschnitt 37, um sich erstreckende Abschnitte 47a zu definieren. Auch hier werden,

wenn das piezoelektrische Betätigungsglied unter Verwendung der auf diese Weise erzeugten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> erzeugt wird, dieselben Verfahren wie diejenigen des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels durchgeführt, so daß diese im folgenden nicht ausführlich beschrieben werden.

[0054] Wie bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die erste Außenelektrode 13<sub>2</sub> und die zweiten Außenelektroden 14<sub>2</sub> bei der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels zu der Seitenoberfläche 7c des piezoelektrischen Substrats 7, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart, so daß es möglich ist, einen vorbestimmten Lötabschnitt 16<sub>2</sub> von den Positionen der aktiven Abschnitte ausreichend zu trennen. Daher ist es möglich, die gesamte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> kleiner als eine bekannte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung zu gestalten. Wenn das piezoelektrische Betätigungsglied unter Verwendung der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>2</sub> erzeugt wird, ist die Lötstelle ferner ausreichend von den aktiven Abschnitten 10 getrennt, so daß eine Tinte auf stabile Weise abgegeben wird, wodurch eine hervorragende Bildqualität bereitgestellt wird, und es besteht keine Möglichkeit, daß die Polarisierungseigenschaften der aktiven Abschnitte 10 durch eine während eines Lötens erzeugte Wärme verschlechtert werden, so daß stabile piezoelektrische Eigenschaften erreicht werden.

[0055] Bei dem ersten und dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel werden die gewünschten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtungen 6<sub>1</sub> und 6<sub>2</sub> vorzugsweise durch Herstellen von drei Typen von Grünschnitten 31, 32 und 33 bzw. 36, 37 und 38 und durch ein Backen des sich ergebenden geschichteten Aufbaus, nachdem die entsprechenden Grünschnitten abwechselnd und nacheinander aufeinander platziert wurden, erzeugt. Jedoch kann eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung auch auf folgende Weise erzeugt werden.

[0056] Wie in Fig. 6 gezeigt ist, wird im einzelnen eine Mehrzahl eines Typs von Grünschnitten 39, die auf denselben angeordnete elektrisch leitfähige Strukturen 49 derselben Form aufweisen, hergestellt.

[0057] Die Grünschnitten 39 werden derart aufeinander gestapelt, daß sie in der horizontalen Richtung abwechselnd voneinander verschoben sind, und der sich ergebende geschichtete Aufbau wird einem Backvorgang unterzogen. Danach wird durch ein Schneiden entlang gestrichelter Linien, die in Fig. 6 gezeigt sind, eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>3</sub> erzeugt. Wie in Fig. 7 gezeigt ist, verbleiben Kanten 11 und 12 bei der durch dieses Verfahren erzeugten piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>3</sub> dementsprechend nach dem Schneiden zusätzlich zu den kurzen Innenelektroden 8 und den langen Innenelektroden 9 in einem piezoelektrischen Substrat 7. In bezug auf die Eigenschaft der piezoelektrischen Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>3</sub> ist dies jedoch kein Problem. Anstatt eines Aufeinanderplatzierens der Grünschnitten 39, die die elektrisch leitfähigen Strukturen 49 derselben Formen aufweisen, so daß sie in der horizontalen Richtung abwechselnd voneinander verschoben sind, können auf den Grünschnitten 39 elektrisch leitfähige Strukturen 49 gebildet sein, wobei die Druckpositionen voneinander verschoben sind, und anschließend können die Grünschnitten 39 aufeinander platziert werden, ohne sie voneinander zu verschieben, um auf ähnliche Weise eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung wie die in Fig. 7 gezeigte piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung 6<sub>3</sub> zu erzeugen.



1. Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>), die folgende Merkmale aufweist:  
 ein piezoelektrisches Substrat (7);  
 eine Mehrzahl von längeren Innenelektroden (9);  
 eine Mehrzahl von kürzeren Innenelektroden (8), wobei die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden unterschiedliche Längen aufweisen, so angeordnet sind, daß sich die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden von einem Paar von sich gegenüberliegenden Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats hin zu den entsprechenden Seitenoberflächen (7b, 7c) des piezoelektrischen Substrats erstrecken, die denjenigen Seitenoberflächen, von denen sich die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden erstrecken, gegenüberliegen, und so angeordnet sind, daß die kürzeren Innenelektroden und die längeren Innenelektroden in dem piezoelektrischen Substrat abwechselnd gestapelt sind;  
 aktive Abschnitte (10), die an Stellen angeordnet sind, an denen die längeren Innenelektroden und die entsprechenden kürzeren Innenelektroden gestapelt sind, wobei die aktiven Abschnitte in einer Richtung verschoben sind, die zu einer Richtung, in der die längeren Innenelektroden und die entsprechenden kürzeren Innenelektroden gestapelt sind, im wesentlichen senkrecht ist;  
 eine erste Außenelektrode (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>), die mit den kürzeren Innenelektroden an einer der Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats elektrisch verbunden ist; und  
 eine zweite Außenelektrode (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>), die mit den längeren Innenelektroden an einer der Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats elektrisch verbunden ist;  
 wobei die erste Außenelektrode und die zweite Außenelektrode auf einer Oberfläche des piezoelektrischen Substrats separat angeordnet sind; und  
 wobei sich die erste Außenelektrode von der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, auf eine Hauptoberfläche des piezoelektrischen Substrats erstreckt und sich zu einer Stelle erstreckt, die zu der Seitenoberfläche benachbart ist, die von den aktiven Abschnitten, bei denen die längeren Innenelektroden ausgefahren sind, entfernt ist, und wobei sich die zweite Außenelektrode auf die Hauptoberfläche erstreckt, um auf der linken und der rechten Seite von Stellen bei der ersten Außenelektrode angeordnet zu sein, die zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart sind.
2. Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>) gemäß Anspruch 1, bei der die zweite Außenelektrode (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) angeordnet ist, um sich von der Seitenoberfläche (7d, 7e) des piezoelektrischen Substrats (7), die von den aktiven Abschnitten (10) entfernt ist, auf die Hauptoberfläche (7a) zu erstrecken.
3. Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die zweite Außenelektrode (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) angeordnet ist, um sich von einer Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats (7), die im wesentlichen senkrecht zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats ist, die von den aktiven Abschnitten (10) entfernt ist, auf die Hauptoberfläche (7a) zu erstrecken.
4. Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>,

- 6<sub>3</sub>) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das piezoelektrische Substrat (7) in einer Richtung, die zu einer Dickenrichtung des piezoelektrischen Substrats im wesentlichen senkrecht ist, schwingt.
5. Piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die aktiven Abschnitte (10) in einer Richtung, die zu einer Dickenrichtung des piezoelektrischen Substrats (7) im wesentlichen senkrecht ist, schwingen.
6. Piezoelektrisches Betätigungsglied (1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, 1<sub>3</sub>), das folgende Merkmale aufweist:  
 eine piezoelektrische Mehrschicht-Vorrichtung (6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>), die folgende Merkmale umfaßt:  
 ein piezoelektrisches Substrat (7);  
 eine Mehrzahl von längeren Innenelektroden (9);  
 eine Mehrzahl von kürzeren Innenelektroden (8), wobei die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden unterschiedliche Längen aufweisen, so angeordnet sind, daß sich die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden von einem Paar von sich gegenüberliegenden Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats hin zu den entsprechenden Seitenoberflächen (7b, 7c) des piezoelektrischen Substrats erstrecken, die denjenigen Seitenoberflächen, von denen sich die längeren Innenelektroden und die kürzeren Innenelektroden erstrecken, gegenüberliegen, und so angeordnet sind, daß die kürzeren Innenelektroden und die längeren Innenelektroden in dem piezoelektrischen Substrat abwechselnd gestapelt sind;  
 aktive Abschnitte (10), die an Stellen angeordnet sind, an denen die längeren Innenelektroden und die entsprechenden kürzeren Innenelektroden gestapelt sind, wobei die aktiven Abschnitte in einer Richtung verschoben sind, die zu einer Richtung, in der die längeren Innenelektroden und die entsprechenden kürzeren Innenelektroden gestapelt sind, im wesentlichen senkrecht ist;  
 eine erste Außenelektrode (13<sub>1</sub>, 13<sub>2</sub>), die mit den kürzeren Innenelektroden an einer der Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats elektrisch verbunden ist; und  
 eine zweite Außenelektrode (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>), die mit den längeren Innenelektroden an einer der Seitenoberflächen des piezoelektrischen Substrats elektrisch verbunden ist;  
 wobei die erste Außenelektrode und die zweite Außenelektrode auf einer Oberfläche des piezoelektrischen Substrats separat angeordnet sind; und  
 wobei sich die erste Außenelektrode von der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, auf eine Hauptoberfläche des piezoelektrischen Substrats erstreckt und sich zu einer Stelle erstreckt, die zu der Seitenoberfläche benachbart ist, die von den aktiven Abschnitten, bei denen die längeren Innenelektroden ausgefahren sind, entfernt ist, und wobei sich die zweite Außenelektrode auf die Hauptoberfläche erstreckt, um auf der linken und der rechten Seite von Stellen bei der ersten Außenelektrode angeordnet zu sein, die zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats, die von den aktiven Abschnitten entfernt ist, benachbart sind; und  
 Schlitze, die gebildet sind, um sich von der Seitenoberfläche, die sich in der Nähe der aktiven Abschnitte befindet, hin zu der derselben gegenüberliegenden Seitenoberfläche zu erstrecken, wobei die Schlitze mit einem vorbestimmten Abstand entlang einer Richtung, die zu der Erstreckungsrichtung der Schlitze im we-

sentlichen senkrecht ist, gebildet sind, um zwischen den entsprechenden Schlitzen separat ansteuerbare bewegliche Abschnitte bereitzustellen; und einen elektrischen Leiter auf einer flexiblen gedruckten Schaltungsplatine, der mit der ersten Außenelektrode, die durch die Schlitze geteilt ist, und mit der zweiten Außenelektrode verbunden ist.

7. Piezoelektrisches Betätigungsglied ( $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$ ) gemäß Anspruch 6, bei dem die zweite Außenelektrode ( $14_1$ ,  $14_2$ ) angeordnet ist, um sich von der Seitenoberfläche (7d, 7e) des piezoelektrischen Substrats (7), die von den aktiven Abschnitten (10) entfernt ist, auf die Hauptoberfläche (7a) zu erstrecken.

8. Piezoelektrisches Betätigungsglied ( $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$ ) gemäß Anspruch 6 oder 7, bei dem die zweite Außenelektrode ( $14_1$ ,  $14_2$ ) angeordnet ist, um sich von einer Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats (7), die im wesentlichen senkrecht zu der Seitenoberfläche des piezoelektrischen Substrats ist, die von den aktiven Abschnitten (10) entfernt ist, auf die Hauptoberfläche (7a) zu erstrecken.

9. Piezoelektrisches Betätigungsglied ( $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$ ) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem das piezoelektrische Substrat (7) in einer Richtung, die zu einer Dickenrichtung des piezoelektrischen Substrats im wesentlichen senkrecht ist, schwingt.

10. Piezoelektrisches Betätigungsglied ( $1_1$ ,  $1_2$ ,  $1_3$ ) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem die aktiven Abschnitte (10) in einer Richtung, die zu einer Dickenrichtung des piezoelektrischen Substrats (7) im wesentlichen senkrecht ist, schwingen.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

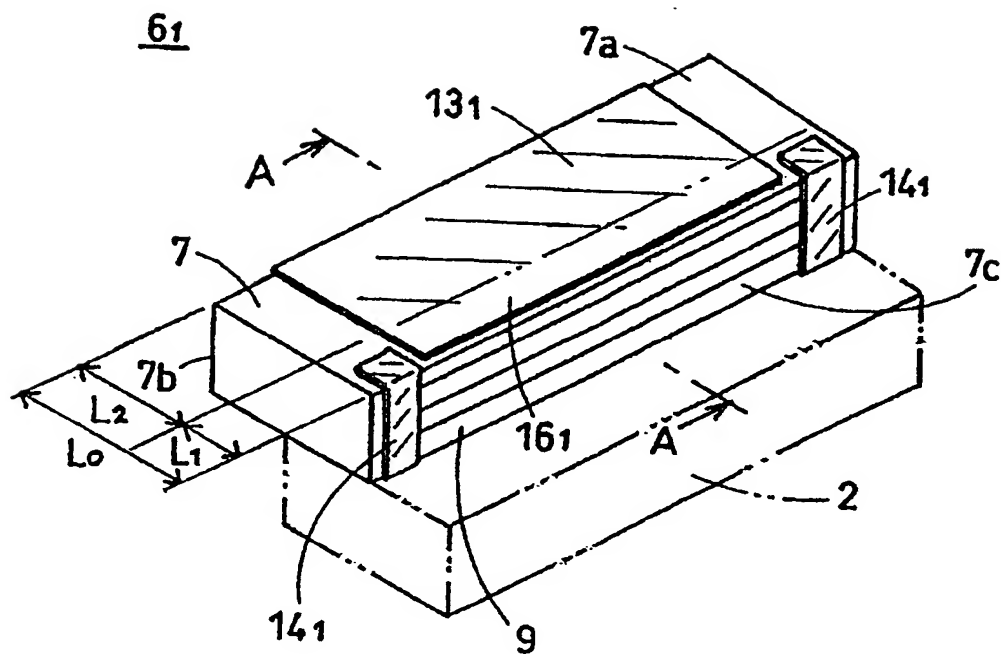


FIG. 2

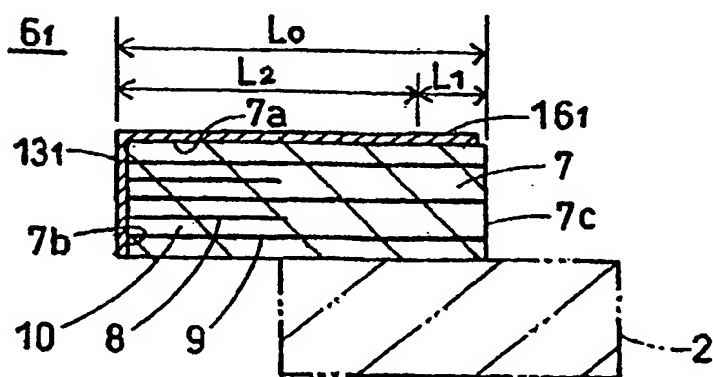


FIG. 3

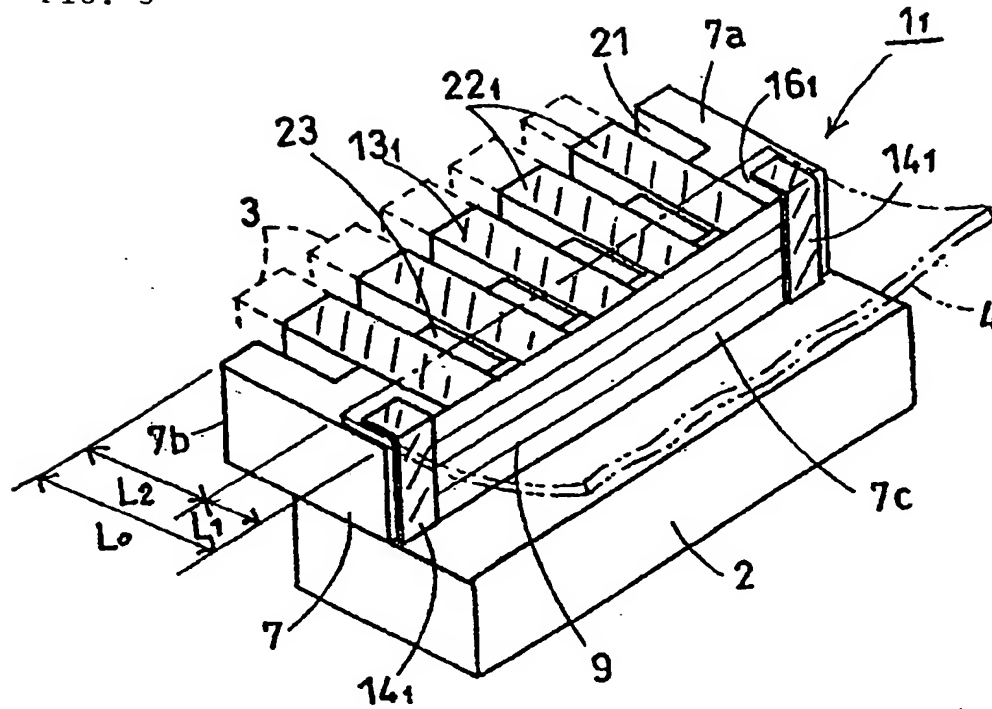


FIG. 4

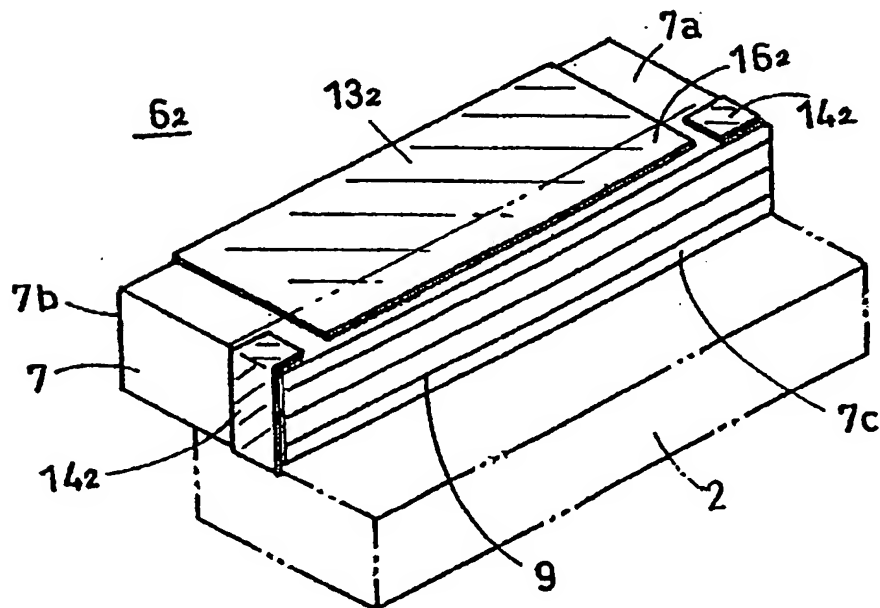


FIG. 5

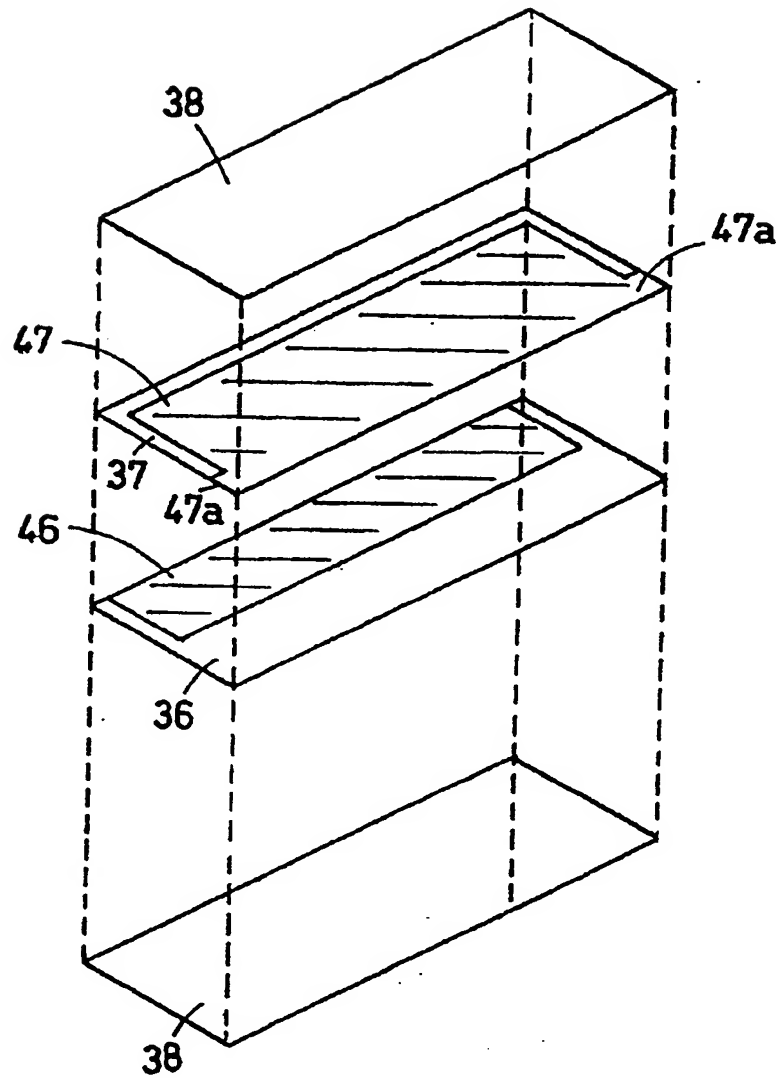




FIG. 6

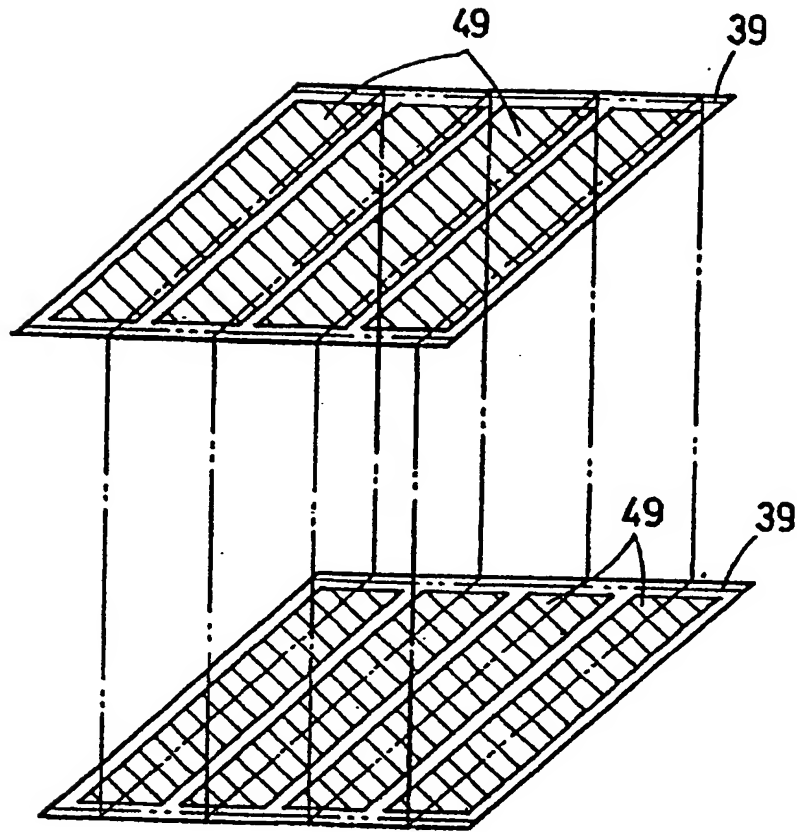


FIG. 7

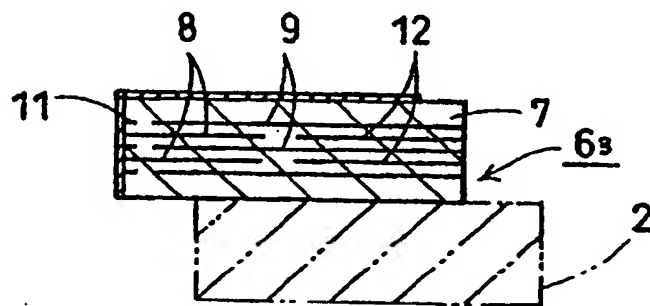


FIG. 8

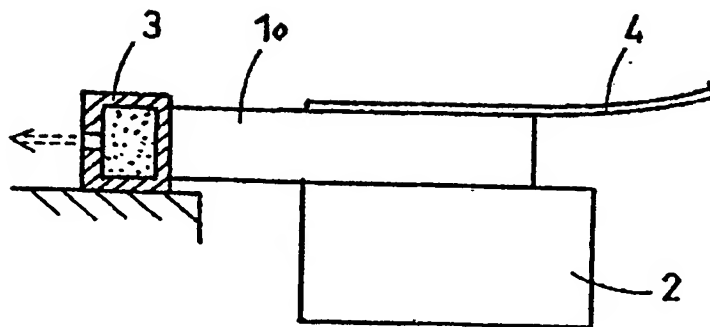


FIG. 9

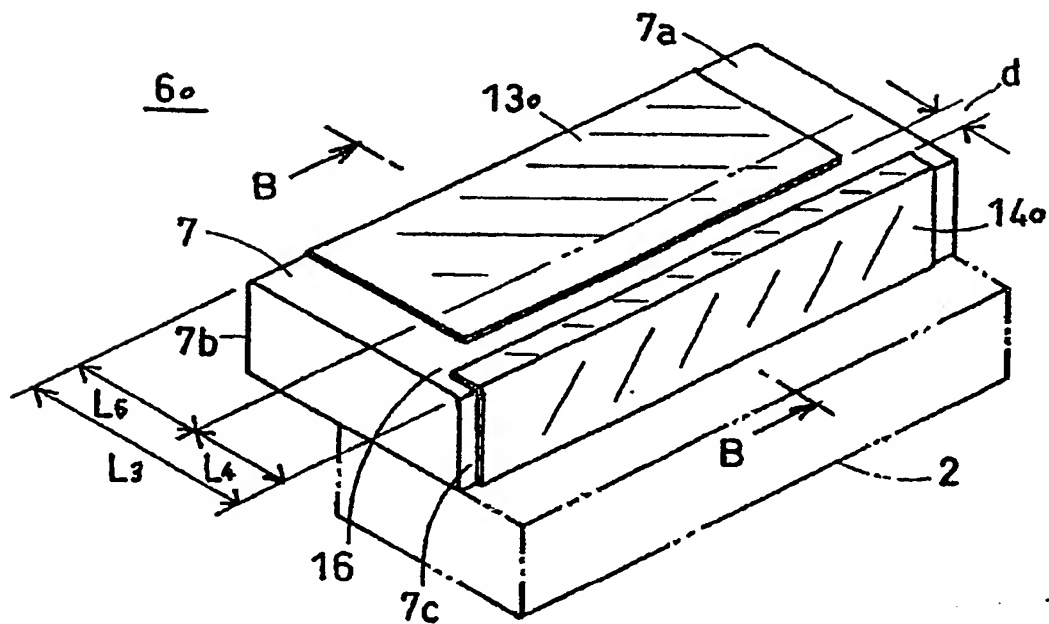


FIG. 10

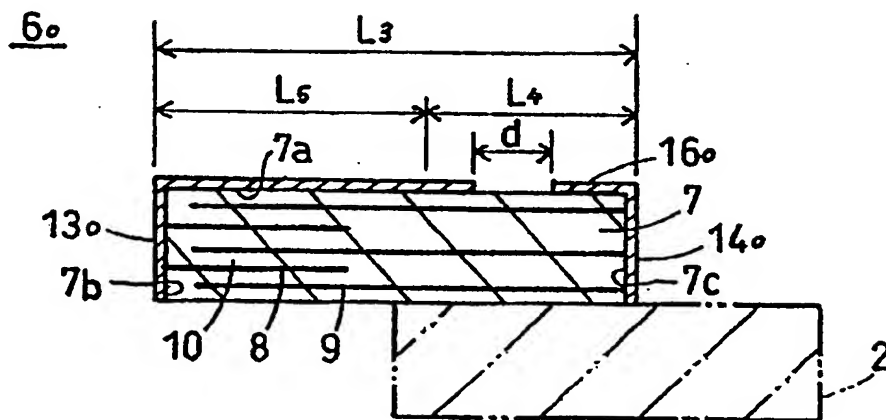


FIG. 11

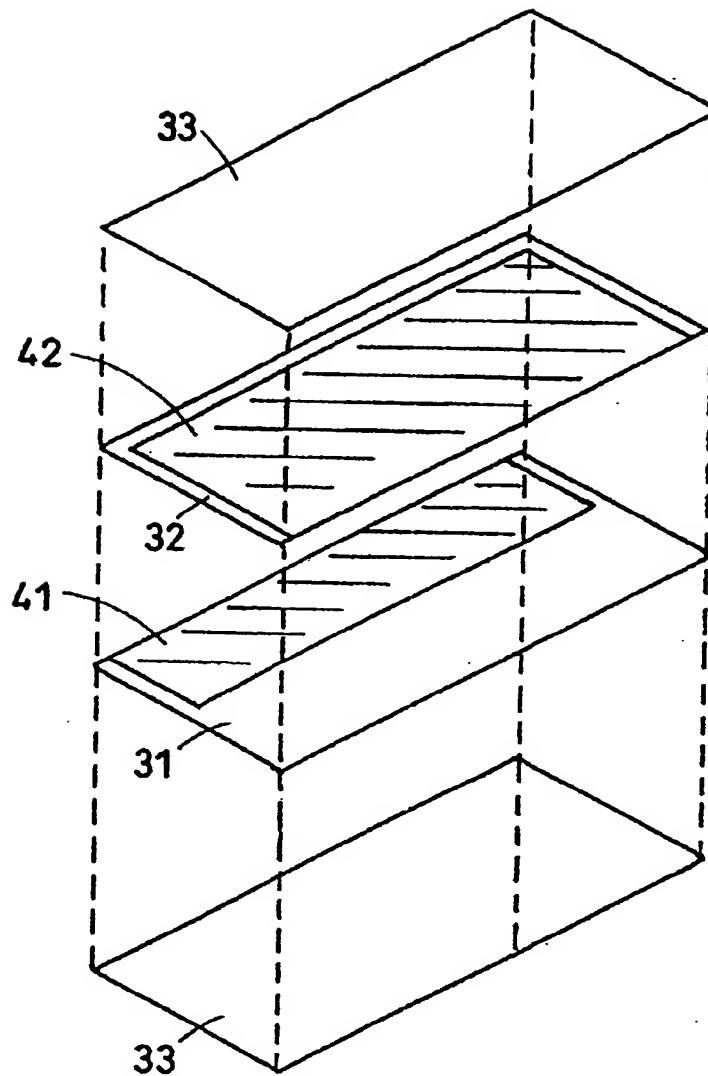


FIG. 12

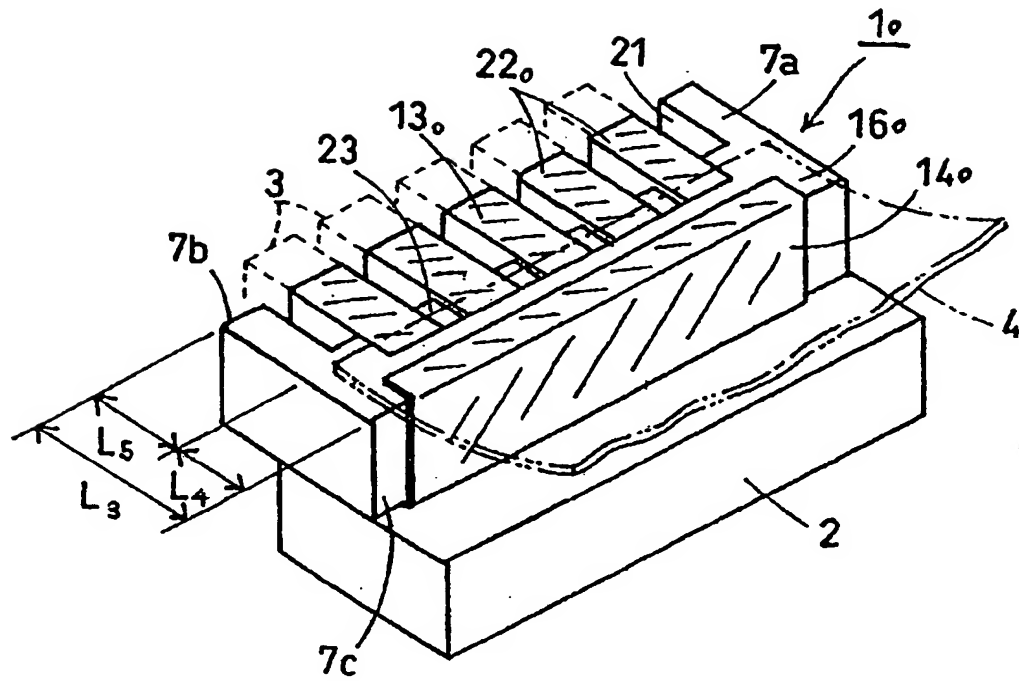


FIG. 13

